

PEMANFAATAN *OCEAN WAVE ENERGY* SEBAGAI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK MENGUNAKAN MODEL *FLOATING PISTON*

Jumali¹, Hari Budi Raharjo², Khaerul Anwar³, Nova Risdiyanto Ismail⁴

ABSTRAK

Kebutuhan energi di Indonesia merupakan suatu keharusan yang tidak bisa ditawar lagi. Tercukupinya kebutuhan energi serta tersedianya pasokan energi untuk masa mendatang, merupakan elemen yang harus dipenuhi untuk dapat mencapai ketahanan energi. Indonesia masih sangat tergantung kepada bahan bakar fosil sebagai energi utama. Jika ditinjau dari ketersediaan bahan bakar fosil termasuk bahan bakar yang non renewable, sehingga perlu dilakukan pengurangan ketergantungan dan pengembangan *energy* yang *renewable*. Dengan demikian perlu dikembangkan *energy* yang berbasis kelautan di Indonesia, terutama *energy* gelombang laut, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan *ocean wave energy* sebagai pembangkit listrik menggunakan metode *floating piston*. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *ocean wave energy* sebagai pembangkit tenaga listrik menggunakan metode *floating piston*.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian dilakukan untuk menguji tinggi gelombang dan kecepatan gelombang. Peralatan yang digunakan merupakan miniatur PLTG dengan menggunakan metode *floating piston*.

Dari data hasil pengujian terlihat semakin tinggi gelombang, maka semakin tinggi pula arus, tegangan dan efisiensi. Hal ini disebabkan oleh energi gelombang yang semakin tinggi akan menyebabkan daya output semakin tinggi pula, selain itu energi input dari motor listrik sebagai sumber energi pembuat gelombang tetap. Semakin tinggi kecepatan gelombang, maka semakin tinggi pula arus, tegangan dan efisiensi. Hal ini disebabkan oleh energi gelombang yang semakin tinggi kecepatannya akan menyebabkan daya output semakin tinggi pula, selain itu energi input dari motor listrik sebagai sumber energi pembuat gelombang tetap.

Kata kunci: *Ocean Wave Energy*, Pembangkit Listrik, *Floating Piston*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia merupakan suatu keharusan yang tidak bisa ditawar lagi. Tercukupinya kebutuhan energi serta tersedianya pasokan energi untuk masa mendatang, merupakan elemen yang harus dipenuhi untuk dapat mencapai ketahanan energi. Indonesia masih sangat tergantung kepada bahan bakar fosil sebagai energi utama. Jika ditinjau dari ketersediaan bahan bakar fosil termasuk bahan bakar yang non renewable, sehingga perlu dilakukan pengurangan ketergantungan dan pengembangan *energy* yang *renewable*.

Djuniarman Djulkifli (2011), Masyarakat Kelistrikan Indonesia (MKI) memperkirakan, kebutuhan tenaga listrik di Indonesia akan meningkat pesat dalam beberapa tahun ke depan. Untuk itu partisipasi swasta dan daerah dalam penyediaan listrik perlu ditingkatkan. Adanya kesenjangan antara kebutuhan dan persediaan energi merupakan masalah yang perlu segera dicari pemecahannya. Apalagi mengingat pada tahun 2010 produksi minyak akan menurun tajam. Pada situasi ini memerlukan pengembangan sumber energi alternatif. Beberapa negara seperti Amerika Serikat, Uni Soviet, Inggris, Perancis, Kanada, Jepang, Belanda, dan Korea telah mulai meneliti kemungkinan pemanfaatan energi dari laut terutama, gelombang, pasang surut, dan panas laut dengan hasil yang memberikan harapan cukup baik. Dengan demikian perlu

dikembangkan *energy* yang berbasis kelautan di Indonesia, terutama *energy* gelombang laut, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan *ocean wave energy* sebagai pembangkit listrik menggunakan metode *floating piston*.

Rumusan Masalah

Dari permasalahan pada latar belakang diatas diperlukan pembangkit listrik alternatif yaitu dengan *ocean wave energy* menggunakan metode *floating piston*. Adapun batasan masalahnya sebagai berikut:

1. Gelombang laut dimodelkan dalam bentuk *prototype*.
2. Penelitian dilakukan secara eksperimen menggunakan metode *floating piston*.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *ocean wave energy* sebagai pembangkit tenaga listrik menggunakan metode *floating piston*

Manfaat Penelitian

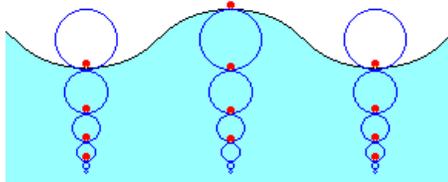
Penelitian sangat penting untuk dilakukan untuk mendapatkan manfaat, diantaranya sebagai berikut:

1. Dapat membantu memecahkan masalah keterbatasan energi fosil.
2. Memberikan masukan terhadap pengembangan pemanfaatan *ocean wave energy* terutama pada aplikasi pembangkit listrik.

TINJAUAN PUSTAKA

Gelombang laut/ Energi Gelombang Laut

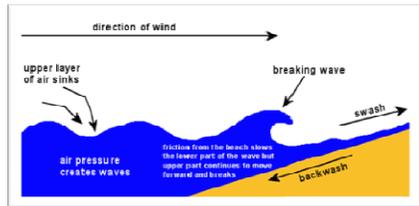
Gelombang/ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin(*gelombang angin*), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari(*gelombang pasang-surut*), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (*gelombang tsunami*), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.



Gambar 1 pergerakan partikel zat cair pada gelombang (Sumber: Faiqun.edublogs, 2008)

Pengaruh Gelombang Laut

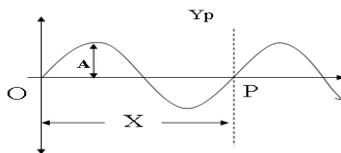
Pada kondisi sesungguhnya di alam, pergerakan orbital di perairan dangkal (*shallow water*) dekat dengan kawasan pantai. Ketinggian dan periode gelombang tergantung kepada panjang *fetch* pembangkitannya. *Fetch* adalah jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitannya. *Fetch* ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang jarak *fetch* nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar. Angin juga mempunyai pengaruh yang penting pada ketinggian gelombang. Angin yang lebih kuat akan menghasilkan gelombang yang lebih besar.



Gambar 2 Perubahan bentuk gelombang menuju pantai (Sumber: Faiqun.edublogs, 2008)

Teori Gelombang Berjalan

Kalau kita lihat gelombang berdasarkan berubah atau tidaknya simpangan/amplitudo gelombang, maka gelombang yang merambat dengan amplitudo tetap kita sebut *Gelombang berjalan*, sedangkan gelombang yang merambat dengan amplitudo berubah kita sebut *Gelombang stationer*.



Gambar 3 Gelombang Berjalan (Sumber: Bayu Adipura, 2009)

Jika titik O telah bergerak selama t detik maka titik P telah bergerak selama t_p yang memenuhi persamaan :

$$t_p = t \pm \frac{x}{v}$$

+ => jika gelombang berjalan menuju titik acuan (ke kiri)

- => jika gelombang berjalan meninggalkan titik acuan (ke kanan)

Simpangan Gelombang Berjalan

Jika titik O memiliki simpangan y_0 dimana $y_0 = A \sin \omega t_0$ maka simpangan titik P adalah:

$$y_p = A \sin \omega \left(t \pm \frac{x}{v} \right)$$

$$y_p = A \sin \omega t \left(t \pm \frac{\omega x}{v} \right)$$

$$y_p = A \sin(\omega t \pm kx)$$

Dengan $k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda}$ dan $v = \lambda \cdot f$

Keterangan:

- A = Amplitudo (m)
- ω = frekwensi sudut (rad/s)
- t = waktu (s)
- x = jarak titik P
- y = simpangan (m)
- k = bilangan gelombang (m^{-1})

Kecepatan Gelombang Berjalan

$$v = A \cos(\omega t + kx) \quad v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} [A \sin(\omega t \pm kx)]$$

Nilai terbesar dari cos adalah $\cos 0 = 1$. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan maksimum akan terjadi pada saat sudut fase gelombang = 0 dengan besar kecepatan maksimum adalah:

$$v_{maks} = \omega \cdot A$$

Percepatan Gelombang Berjalan

Persamaan percepatan gelombang diperoleh dengan menurunkan kecepatan terhadap waktu:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \{ \omega A \cos(\omega t \pm kx) \}$$

$$a = -\omega^2 A \sin(\omega t \pm kx)$$

Atau

$$a = -\omega^2 y$$

Nilai terbesar dari sin adalah $\sin 90^\circ = 1$. Hal ini menunjukkan bahwa percepatan maksimum akan terjadi pada saat sudut fase getaran = 90° dengan besar percepatan maksimum adalah:

$$a_{maks} = -\omega^2 A$$

Energi

Energi adalah suatu besaran turunan dengan satuan N.m atau Joule. Energi dan kerja mempunyai satuan yang sama. Energi didefinisikan sebagai tenaga atau gaya untuk berbuat sesuatu, yang secara umum didefinisikan sebagai kemampuan melakukan suatu pekerjaan.

Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang ditimbulkan oleh posisi relatif atau konfigurasi objek pada suatu sistem fisik. Bentuk energi ini memiliki potensi untuk mengubah keadaan objek-objek lain di sekitarnya, contohnya, konfigurasi atau gerakannya.

$$E_p = m.g.h$$

Keterangan

- Ep = energi potensial
- m = massa dari benda
- g = percepatan gravitasi
- h = tinggi benda dari tanah

Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi dari suatu benda yang dimiliki karena pengaruh gerakannya. Benda yang bergerak memiliki energi kinetik.

Rumus atau persamaan energi kinetik :

$$E_k = 1/2.m.v^2$$

keterangan

- Ep = energi kinetic
- m = massa dari benda
- v = kecepatan dari benda

Energi Mekanik

Energi mekanik adalah penjumlahan antara energi kinetik dengan energi potensial suatu benda. Atau secara matematisnya

$$EM = E_p + E_k$$

$$EM = m.g.h + \{(1/2)mv^2\}$$

Keterangan:

- m = massa benda (kg)
- g = percepatan grafitasi(m/s²)
- h = ketinggian(m)
- v = kecepatan benda (m/s)

Energi Listrik

Energi listrik sering didefinisikan sebagai perkalian antara daya dengan waktu. Daya adalah perkalian antara tegangan dengan arus listrik sehingga di dalam mencari rumusan energi, besaran-besaran yang dilibatkan adalah tegangan, arus listrik, dan waktu. Sedangkan rumus yang digunakan untuk menentukan besar energi listrik adalah:

$$W = Q.V$$

keterangan :

- W = Energi listrik (Joule)
- Q = Muatan listrik (Coulomb)
- V = Beda potensial (Volt)

Karena I = Q/t maka diperoleh perumusan:

$$W = (I.t).V$$

$$W = V.I.t$$

Penelitian Terdahulu

Penelitian *Ocean Wave Energy* telah dilakukan oleh peneliti. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Massus Subekti.(2011). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan lokasi pengujian di pantai Karanghau Sukabumi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa; saat beban ponton kurang 97 kg (141 kg) dengan rata-rata periode gelombang 9,7 s dan ketinggian gelombang 140 cm, pompa telah terbukti mampu mendorong air laut hingga ketinggian 8 m dengan tekanan 1.697 N/m² dan debit air sebesar 0,0023 m³/s. Dengan menggunakan turbin berefisiensi 0,88 dan menetapkan tinggi jatuh efektif sebesar 11 m, maka daya yang dihasilkan turbin sebesar 218 Watt. Agar PLTA-GL dapat menghasilkan daya sebesar 1.000 Watt dan menjamin ketercukupan air yang terisi pada reservoir, maka dibutuhkan 5 unit pompa untuk melayani 1 unit turbin.

Zamrisyaf. (2002). Penelitian ini menggunakan metode Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut-Sistem Bandulan (PLTG-SB). Cara kerja alat ini cukup menarik. Ponton yang berfungsi sebagai kapal mengangkut bandul yang terintegrasi dengan dinamo. Untuk menghasilkan putaran dinamo yang maksimal, bandul dibantu dengan alat transmisi *double-freewheel* dan dintegrasikan dengan bantuan rantai. Setiap gerakan air laut akan menggoyangkan bandul sehingga menggerakkan *double-freewheel* untuk memutar dinamo menghasilkan listrik. Daya diharapkan mampu menghasilkan daya hingga mencapai 100.000 watt untuk satu unit pembangkit.

Grean Ocean Energy. (2006). Penelitian ini menggunakan metode *wave treader*. Wave treader punya dua lengan, silinder sistem hidrolik sebagai pusat dan tiang menjulang dengan baling-baling di ujungnya. Pergerakan ombak akan membuat lengan-lengannya bergerak naik dan turun. Bagian yang disebut *aft sponson* akan menerima pergerakan itu dan meneruskannya ke silinder sistem hidrolik. Dalam silinder, gerakan tersebut memberikan tekanan di fluida hidrolik. Tekanan itu diperhalus dan disampaikan ke hidrolik akumulator, maka energi gelombang tersebut menggerakkan motor yang akan menggerakkan generator penghasil alat listrik. Listrik yang dihasilkan itu kemudian disalurkan melalui kabel dengan terlebih dulu dibagi oleh turbin baling-baling. Dalam uji cobanya berhasil membuat pembangkit dengan kapasitas 500 Kw.

Sudargana, Dkk.(2008). Penelitian direncanakan bertahap, tahap pertama merupakan penelitian deskriptif Potensi Energi Gelombang Laut untuk mencari spesifikasi energi gelombang laut yang dipakai sebagai data perancangan turbin. Penelitian mencari spesifikasi kecepatan dan amplitudo gelombang baik di pantai landai dan pantai curam. Alat uji berupa plat yang dikenai gelombang, sehingga memperoleh simpangan pegas. Dari simpangan ini dapat diperoleh kecepatan dan amplitudo gelombang laut.

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah :

Variabel bebas :

Tinggi gelombang/Amplitudo dan kecepatan gelombang

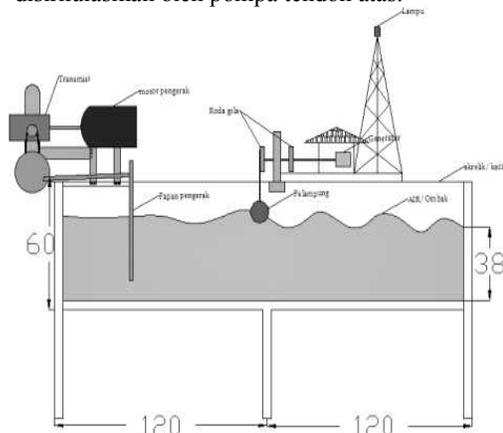
Variabel terikat :

Putaran Kincir (rpm), Putaran poros (rpm), arus listrik (ampere), tegangan listrik (Volt) dan Efisiensi PLT Gelombang (%).

Model Peralatan

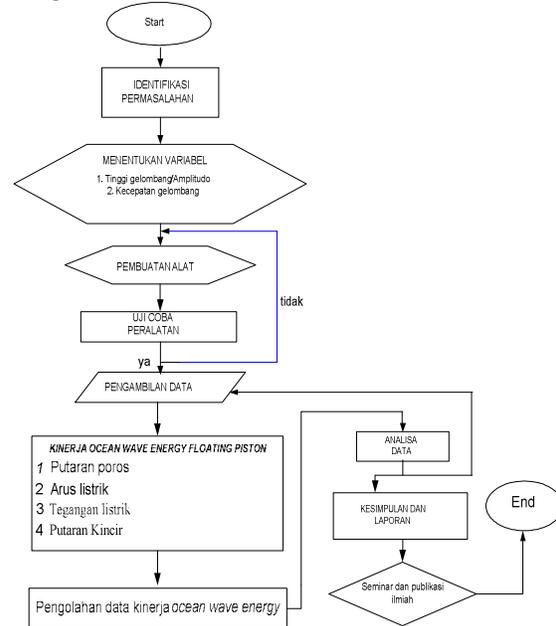
Alat yang digunakan adalah prototipe *ocean wave energy* dengan model *floating piston* dengan papan sebagai pembuat gelombang, dengan deskripsi sebagai berikut:

- Papan penggerak yang terbuat dari fiber, dengan ketebalan 1,5 cm, lebar 36,5 cm dan panjang 73 cm, akan menggerakkan air sebagai pembuat gelombang.
- Gelombang laut akan menggerakkan pelampung naik turun, sehingga poros engkol berputar yang dihubungkan dengan generator dan flywheel.
- Setelah roda gila berputar, roda gila ini akan selalu berusaha berputar mengikuti gaya kelembaman, sehingga membantu kinerja poros engkol memutar generator listrik. Sehingga listrik yang dihasilkan dapat stabil.
- Adapun bak penampung dengan ukuran 40cm X 30cm X 22 cm. Dari bak penampung, air disirkulasikan oleh pompa tendon atas.



Gambar 4. Skema alat percobaan *ocean wave energy* dengan metode *floating piston* (tampak samping)

Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Peralatan Ukur

Peralatan yang digunakan yaitu: Avometer/multimeter dan tachometer

Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan pada tahun 2013. Lokasi pengujian di Lab. Fenomena Dasar Mesin Universitas Widyagama Malang. Adapun prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian pemanfaatan *ocean wave energy* menggunakan *floating piston* dengan variasi tinggi gelombang/Amplitudo.
2. Pengujian pemanfaatan *ocean wave energy* menggunakan *floating piston* dengan variasi kecepatan gelombang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Antara Tinggi Gelombang Terhadap Arus dan Voltase



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara tinggi gelombang terhadap Arus dan Voltase

Dari grafik pengaruh tinggi gelombang terhadap arus dan voltase diatas dapat dilihat bahwa terdapat 3 ketinggian gelombang yang berbeda, diantaranya : 80 mm, 120 mm, dan 170 mm. Dari ketiga tinggi gelombang tersebut menghasilkan voltase dan arus yang berbeda. Pada ketinggian 80 mm menghasilkan voltase dan arus terendah. pada ketinggian gelombang tertinggi yaitu pada 170 mm dapat menghasilkan voltase dan arus tertinggi.

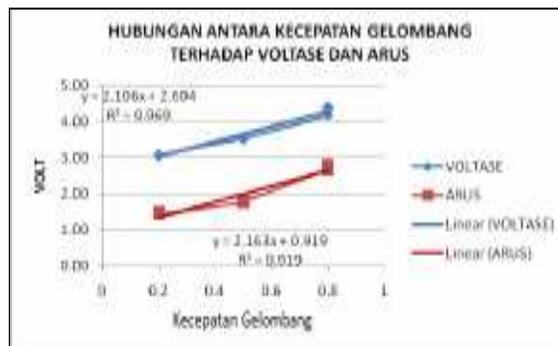
Hubungan Antara Tinggi Gelombang Terhadap Efisiensi



Gambar 7. Grafik Pengaruh tinggi gelombang terhadap Efisiensi

Dari grafik pengaruh tinggi gelombang terhadap efisiensi diatas dapat dilihat bahwa terdapat 3 ketinggian gelombang yang berbeda pada ketinggian 80 mm efisiensi rata-rata nya adalah 0,28 %. Pada ketinggian 120 mm memiliki efisiensi rata-rata 0,36 % sedangkan ketinggian 170 mm memiliki efisiensi rata-rata 0,89%. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa ketinggian gelombang mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan.

Hubungan Antara Kecepatan Gelombang Terhadap Arus dan Voltase



Gambar 8. Grafik pengaruh kecepatan gelombang terhadap Arus dan Voltase

Dari grafik pengaruh kecepatan gelombang terhadap arus dan voltase yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga gelombang laut diatas dapat dilihat bahwa kecepatan 0,8 m/s memiliki voltase dan arus tertinggi. Sedangkan voltase dan arus terendah terdapat pada kecepatan gelombang 0,2 m/s.

Hubungan Antara Kecepatan Gelombang Terhadap Efisiensi



Gambar 9. Grafik pengaruh kecepatan gelombang terhadap efisiensi

Dari grafik pengaruh kecepatan gelombang terhadap efisiensi dapat dilihat bahwa kecepatan gelombang mempengaruhi dari efisiensi pembangkit listrik tenaga gelombang laut model *floating piston*. Pada kecepatan gelombang 0,8 m/s menghasilkan efisiensi terbesar yaitu 1,70 % dan pada kecepatan gelombang 0,2 m/s menghasilkan 0,80 %.

Pembahasan

Dari hasil pengujian ketinggian gelombang dan kecepatan gelombang dapat terlihat bahwa semakin tinggi gelombang dan semakin besar kecepatan gelombang , maka semakin tinggi pula voltase , arus dan efisiensi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh energi gelombang yang semakin tinggi akan menyebabkan daya output semakin tinggi pula, selain itu energi input dari motor listrik sebagai sumber energi pembuat gelombang tetap.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin tinggi gelombang semakin besar pula arus, voltase dan efisiensi.
2. Semakin tinggi kecepatan gelombang semakin besar pula arus, voltase dan efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

Ilemoned., 2008, Jenis-Jenis Gelombang, <http://en.wordpress.com>
 Jatilaksono., M., 2007, Gelombang Air Laut, <http://jlcome.blogspot.com>
 Rovicky., 2007, Gelombang Laut dan Tsunami, <http://rovicky.wordpress.com>
 Sudargana. dkk., 2008, Energi Gelombang Laut Untuk Mencari Spesifikasi Gelombang Laut, <http://www.lppm.undip.ac.id/abstrak/content/view/563/2>
 Djuniarman.Djulkifli., 2011, Kebutuhan Listrik di Indonesia, <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2011/09/19/16025971/Kebutuhan.Listrik.Tumbuh.5.500.MW.Per.Tahun>

Zamrisyaf, 2002., Penelitian ini menggunakan metode Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut-Sistem Bandulan (PLTG-SB).

<http://indonesiaproud.wordpress.com/2010/09/03/zamrisyaf-sy-penemu-listriktenaga-gelombang-laut-sistem-bandulan>

Massus Subekti, 2011. Pembangkit Listrik Tenaga Air Gelombang Laut (PLTAGL),

<http://lemlit.unj.ac.id/?p=1363>

<http://www.GuruMuda.Com>

<http://basicsphysics.blogspot.com/2008/12/energi-mekanik.html>

<http://magaratta.wordpress.com/2011/06/08/gelombang-laut/>

[http : technoku.blokspot.com/2009/01dan catatan-faisal.blokspot.com/2010/03.](http://technoku.blokspot.com/2009/01dan-catatan-faisal.blokspot.com/2010/03)

<http://www.alpensteel.com/article/52-106-energi-laut-ombak-gelombangarus/530-energi-gelombang-laut.html>

<http://www.reefnews.com/>

<http://www.geography.learnontheinternet.co.uk/>

<http://faigun.edublogs.org/2008/04/13/gelombang-laut/>

<http://www.novapdf.com/bayu.adipura>

<http://nasional.vivanews.com/news/read/200580-peneliti-gelombang-laut-bisahasilkan-listrik>

